

Konstruktionsmerkmale von Dächern unter bauphysikalischen Aspekten

Dipl.-Ing. Wilfried Zapke

1 Einleitung

Die Funktion eines Gebäudes, seine flächenmäßige Ausdehnung und seine Gliederung sowie seine Einbettung in die Umgebung bestimmen letztendlich die Dachkonstruktion. Der Planer steht hierbei vor der Aufgabe, unter Beachtung aller bauphysikalischen wie bautechnischen Gegebenheiten ein Optimum an gestalterischer Qualität bei Respektierung wirtschaftlicher und baupraktischer Belange zu realisieren, wobei zu beachten ist, daß gerade das Dach von den die Gebäudehülle bildenden Bauteilen der größten und unmittelbarsten Beanspruchung unterliegt.

2 Unterscheidungsmerkmale

Aus bauphysikalischer Sicht werden Dächer in nichtbelüftete und belüftete Konstruktionen („Warmdächer“ und „Kaltedächer“)

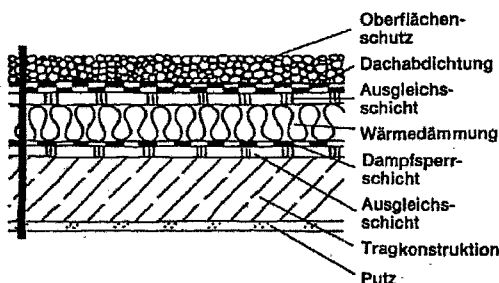


Abb. 1: Nichtbelüftetes einschaliges Dach (Flachdach)

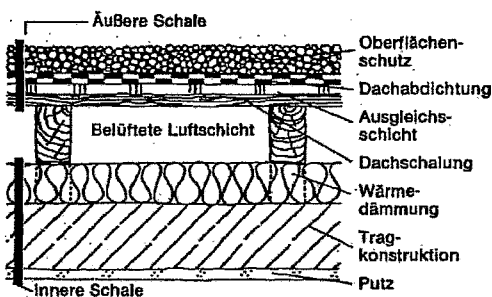


Abb. 2: Belüftetes zweischaliges Dach (Flachdach)

unterschieden. Beim nichtbelüfteten Dach grenzen alle Schichten unmittelbar aneinander und bilden in ihrer Gesamtheit eine „Schale“, während beim belüfteten Dach zwischen den Bauteilschichten eine Luftschicht liegt, die mit der Außenluft in Verbindung steht. Kennzeichen des belüfteten Daches sind also zwei „Schalen“, die durch eine mit der Außenluft verbundene Luftschicht getrennt sind. Nichtbelüftete wie auch belüftete Dachkonstruktionen sind bei allen üblichen Dachneigungen möglich, so

daß für die Wahl der Dachneigung andere Kriterien wie z. B. architektonische Überlegungen oder bauaufsichtliche Bestimmungen maßgebend werden.

Eine andere wichtige Einflußgröße ist das Dachgewicht, exakt die flächenbezogene Masse der Dachkonstruktion. Nach DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ Ausgabe August 1981 Teil 2 werden schwere und leichte Bauteile unterschieden. Für leichte Konstruktionen, das sind solche mit einer flächenbezogenen unter 300 kg/m² gilt Tabelle 2 der genannten Norm. Leichte Dachkonstruktionen in Verbindung mit großen Fenstern ohne Sonnenschutzmaßnahmen und einem geringen Anteil wärmespeichernder Innenbauteile begünstigen eine starke Erwärmung von Dachgeschossen im Sommer. Zwar werden an leichte Dächer höhere Anforderungen hinsichtlich des Wärmeschutzes gestellt als an schwere, doch wird damit die Problematik des sommerlichen Wärmeschutzes leichter Dächer nur zum Teil erfaßt. Auf ausreichendes Speichervermögen der Innenbauteile und adäquate Sonnenschutzmaßnahmen ist zur Vermeidung unerträglich hoher Innentemperaturen im Sommer besonderer Wert zu legen.

3 Steildächer

Lange konnten Steildächer sowohl in konstruktiver als auch bauphysikalischer Hinsicht als problemlos gelten, da die geräumigen zu untergeordneten Zwecken genutzten Dachräume automatisch belüftet wurden und damit durch ihr großes Volumen für ausreichenden Temperatur- und Feuchtigkeitsausgleich sorgten. Durch Nutzung von Dachräumen für Wohnzwecke wurden jedoch komplizierte Dachkonstruktionen notwendig. Dicke Dämmschichten, Dampfsperren und Unterspannbahnen ergänzen den üblichen Dachaufbau und verändern das bauphysikalische Verhalten entscheidend.

3.1 Lage der Wärmedämmung

Die Wärmedämmung von Steildächern kann erfolgen:

- unter den Sparren
- zwischen den Sparren
- unter und zwischen den Sparren bei niedrigen Sparren
- über den Sparren.

Wo die Dämmschicht liegen kann, hängt von einer Reihe von Faktoren ab, primär von den Sparrenabmessungen. Unter den Sparren wird man nur dämmen, wenn tatsächlich ausreichend Platz im Dachraum vorhanden ist, und über den Sparren, wenn man die Sparren in ihrer ganzen Höhe als gestalterisches Element für das Rauminnere sichtbar läßt. Bei der Dämmung über den Sparren ist besonderes Augenmerk darauf zu legen, daß die Windsogkräfte sicher über alle Zwischenbauteile in die Unterkonstruktion geleitet werden. Um möglichst dicke Dämmschichten zwischen den Sparren einbauen zu können, sind schlanke hohe Sparren solchen mit gedrungener niedrigen Querschnitt vorzuziehen. Das bedeutet, daß man zukünftig mehr Sparren- bzw. Kehrliegeldächer und weniger Pfettendächer konzipiert. Außerdem haben diese Dachformen den Vorteil, daß der Dachgeschoßausbau unabhängig von der Tragkonstruktion erfolgen kann.

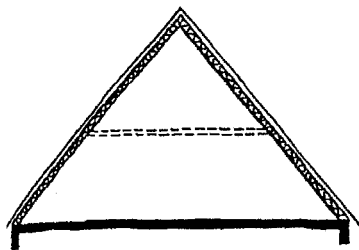


Abb. 3

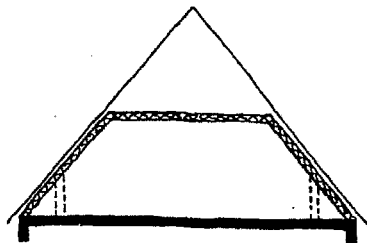


Abb. 4

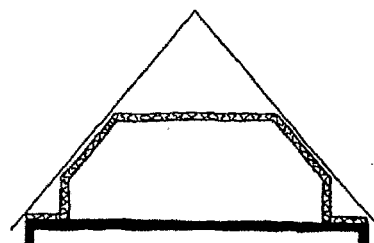


Abb. 5

Die Wärmedämmung muß den genutzten Bereich völlig umschließen. Man kann die Dämmung vom Dachfußpunkt bis zum First führen.

Abb.: 3

Die Dämmschicht läßt sich auch im Bereich der Kehlriegel anordnen.

Werden die – senkrechten – Abseiten gedämmt, so ist darauf zu achten, daß der außenliegende Bereich der Decke ebenfalls geschützt wird.

3.2 Be- und Entlüftung, Tauwasserschutz

Um Feuchtigkeitsschäden zu vermeiden und die Funktionsfähigkeit zu erhalten, sind beim wärmedämmten Steldach bestimmte Kriterien schon in der Planungsphase zu beachten. DIN 4108, Teil 3, Ziffer 3.2.3.3 enthält Konstruktionsmerkmale in Form von Mindestwerten, deren Einhaltung eine hinreichende Be- und Entlüftung gewährleisten und einen rechnerischen Nachweis des Tauwasserausfalles infolge Dampfdiffusion erübrigen.

Hiernach kann der freie Strömungsraum über der Wärmedämmung auf 2 cm reduziert, darf aber nicht zusätzlich durch hochgezogene Dämmschichten oder Überlappungen eingeengt werden. Es ist – vor allem unter Berücksichtigung baupraktischer Toleranzen – ratsam, die Strömungsräume nicht knapp zu bemessen, damit die Lüftung von der Traufe bis zum First tatsächlich ungehindert erfolgen kann. Man sollte daher für die Luftschicht zwischen Unterspannbahn und Wärmedämmung möglichst etwa 4 cm vorsehen.

Im übrigen ist dafür Sorge zu tragen, daß alle Bereiche zwischen Wärmedämmung und Unterspannbahn einerseits und Unterspannbahn und Dacheindeckung andererseits an die Be- und Entlüftungsöffnungen angeschlossen sind. Der freie Lüftungsquerschnitt der an jeweils zwei gegenüberliegenden Traufen angebrachten Öffnungen muß 2‰ der zugehörigen geneigten Dachfläche, mindestens jedoch 200 cm² je m Traufe, und die Lüftungsöffnung am First muß mindestens 0,5‰ der gesamten geneigten Dachfläche betragen.

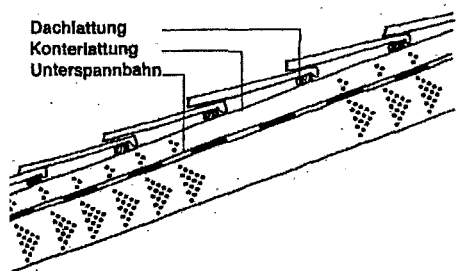


Abb. 6: Belüftungsprinzip beim Steldach

Außerdem schreibt DIN 4108, Teil 3, in Abhängigkeit von der Sparrenlänge bestimmte Werte für die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke $\mu \cdot s$ der unterhalb der Luftschicht liegenden Bauteilschichten vor. Man liegt auf jeden Fall auf der sicheren Seite, wenn gilt

$$\mu \cdot s \geq 10 \text{ cm}$$

Das Durchfeuchten und auch das Durchblasen der Wärmedämmung bei Wind und Regen muß vermieden werden durch Einbau

einer Unterspannbahn. Günstig ist hier eine zusätzliche außen-seitige Abdeckung, vor allem bei Faserdämmstoffen. Diese Abdeckung muß dampfdurchlässig sein.

4 Flachdächer

Im Grunde genommen sind Flachdächer den gleichen Beanspruchungen ausgesetzt wie die Steildächer, nur direkter und wesentlich intensiver. Das erklärt auch, warum Flachdächer grundsätzlich aus mehreren Schichten bestehen.

Je komplizierter aber Bauteile aufgebaut sind, desto größer wird die Schadensanfälligkeit. Die Erfahrungen beim Bau von Flachdächern zeigen dies ganz deutlich.

Dennoch ist es mit den heute zur Verfügung stehenden hochwertigen Baustoffen bei richtiger Planung und Anwendung sicherlich möglich, auf Dauer einwandfreie Flachdächer zu bauen. Die Einhaltung der Flachdachrichtlinien*) des Deutschen Dachdeckerhandwerks ist hierfür Voraussetzung.

4.1 Belüftete Flachdächer

Das belüftete Flachdach (häufig als „Kaltdach“ bezeichnet) ist ein zweischaliges Dach mit oberer und unterer Schale und einem dazwischenliegenden von außen belüfteten Hohlraum. Die Schichtenfolge im belüfteten Flachdach ist zwingend (von unten nach oben):

- Unterkonstruktion
- Dampfbremse (zweckmäßig)
- Wärmedämmung
- Luftschicht, belüftet
- Dachschalung
- Dachabdichtung
- Oberflächenschutz.

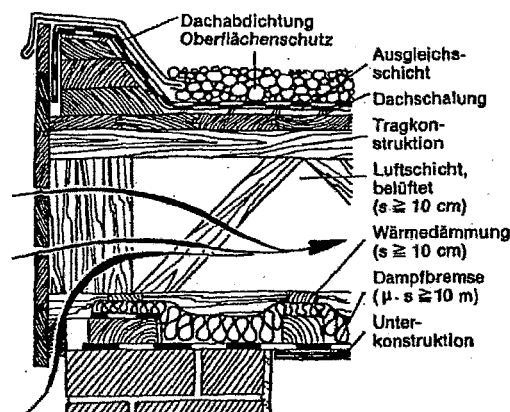


Abb. 7: Belüftetes Flachdach

*) Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Dachabdichtungen – „Flachdachrichtlinien“ – aufgestellt durch den Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks und den Hauptverband der Deutschen Bauindustrie.

Die Funktionsfähigkeit des belüfteten Flachdaches hängt ähnlich wie die des wärmedämmten Steildaches vor allem von der Größe des Luftstromes zwischen den beiden Schalen ab. Dabei ist zu bedenken, daß der thermische Auftrieb beim Flachdach wegen der fehlenden Höhenunterschiede wesentlich geringer ist als beim Steildach. Auch wenn nach DIN 4108, Teil 3, Ziffer 3.2.3.3.1 die Höhe der Luftschicht auf 5 cm reduziert werden kann, sollte sie wegen der baustellenbedingten Ungenauigkeiten möglichst 10 cm oder mehr betragen. Stellt sich nämlich keine oder eine zu geringe Luftströmung ein, wirkt die Luftschicht wie eine zusätzliche Wärmedämmschicht. Die Folge sind Tauwasserbildung auf der Unterseite der oberen Schale und Durchfeuchtung der Wärmedämmung wie auch der Unterkonstruktion durch herabtropfendes Wasser.

Die unterhalb der Luftschicht angeordneten Bauteilschichten müssen nach DIN 4108, Teil 3, Ziffer 3.2.3.3.1 eine diffusionsäquivalente Luftschichtdicke $\mu \cdot s$ aufweisen, die mindestens 10 m beträgt. Die Be- und Entlüftungsöffnung müssen mindestens 2‰ der Dachgrundrißfläche betragen; diese Mindestwerte dürfen keinesfalls unterschritten, wohl aber überschritten werden.

Bereiche, die ohne Luftaustausch bleiben, sind unter allen Umständen zu vermeiden. Bei gewinkelten, versetzten und gestaffelten Bauten ist daher bereits im Planungsstadium zu prüfen, ob alle Dachbereiche hinreichend durchlüftet werden können.

4.2 Nichtbelüftete Flachdächer

Das nichtbelüftete Flachdach (häufig als „Warmdach“ bezeichnet) ist ein einschaliges Dach, bei dem der Dachaufbau unmittelbar an die Unterkonstruktion grenzt. Bezogen auf die Lage der Wärmedämmung im Verhältnis zur Dachabdichtung werden drei Arten des nichtbelüfteten Flachdaches unterschieden.

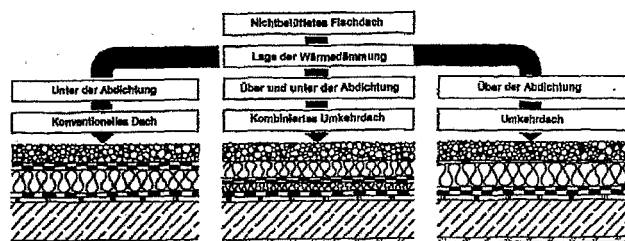


Abb. 8

4.2.1 Konventionelles Flachdach

Beim konventionellen Flachdach ist der Tauwasserbildung im Bauteilquerschnitt besondere Beachtung zu schenken. Mit der Abdichtung liegt nämlich eine extrem dampfdichte Schicht auf der Dachaußenseite, so daß unter der Dachhaut häufig gewisse Tauwassermengen ausfallen, die dann Ursache für Bauschäden sind. Deshalb ist die Anordnung einer Dampfsperre unter der Wärmedämmung in der Regel eine Notwendigkeit. DIN 4108, Teil 3, Ziffer 3.2.3.2.1, schreibt in diesem Zusammenhang vor, daß bei Dächern mit einer Dampfsperre unter oder in der Wärmedämmschicht die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke $\mu \cdot s$ der Dampfsperre mindestens 100 m betragen muß, wobei der Wärmedurchlaßwiderstand der Bauteilschichten unterhalb der Dampfsperrschicht höchstens 20% des Gesamtwärmedurchlaßwiderstandes betragen darf und örtlich aufgetragene Klebmassen außer acht gelassen werden.

Im übrigen ist darauf zu achten, daß die Wärmedämmung trocken verlegt wird. Durch feuchte Dämmstoffe „eingebautes“ Wasser verschlechtert den Wärmeschutz nachhaltig, da es durch die Dachhaut nach oben und die Dampfsperre nach unten nur sehr langsam austrocknen kann.

4.2.2 Umkehrdach

Das Umkehrdach unterscheidet sich vom konventionellen Flachdach dadurch, daß die Wärmedämmschicht über der Dachabdich-

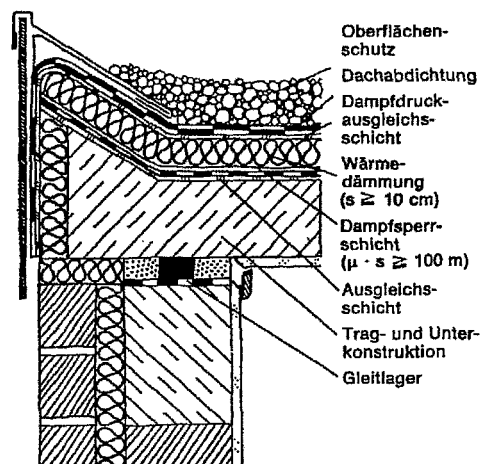


Abb. 9: Nichtbelüftetes konventionelles Flachdach

tung liegt. Damit ist die Schichtenfolge aus diffusionstechnischer Sicht richtig, und bei einwandfreier Ausführung ist kein Tauwasserfall im Bauteilquerschnitt zu erwarten. Dämmstoffe für Umkehrdächer dürfen auf Dauer keine Feuchtigkeit aufnehmen und müssen frostbeständig, trittfest, formbeständig und verrottungssicher sein. Es dürfen nur Dämmstoffe verwendet werden, deren Eignung durch eine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen ist.

Bei der Bestimmung des Wärmeschutzes von Umkehrdächern gilt abweichend vom üblichen Rechnungsgang die folgende Regelung:*)

• Als Rechenwert für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmplatten λ der in DIN 4108 für Schaumkunststoffe nach DIN 18164 festgelegte λ_R -Wert einzusetzen.

• Der nach DIN 4108 in der jeweils geltenden Fassung erforderliche Wärmedurchlaßwiderstand $1/\Lambda$ für Decken, die Aufenthaltsräume nach oben gegen die Außenluft abschließen, ist um 10% zu erhöhen.

• Bei der Berechnung des vorhandenen Wärmedurchgangskoeffizienten k_D ist der errechnete k -Wert um einen Betrag Δk nach folgender Tabelle zu erhöhen:

Abb. 10

Anteil des Wärmedurchlaßwiderstandes unterhalb der Dachhaut in % des gesamten Wärmedurchlaßwiderstandes	Erhöhung des k -Wertes Δk $W/(m^2 \cdot K)$
0 - 5	0,08*)
5,1 - 20	0,06
20,1 - 40	0,04
40,1 - 60	0,02
> 60	0

*) Dieser Wert ist stets anzusetzen, wenn der Wärmedurchlaßwiderstand der Unterkonstruktion $< 0,1 (m^2 \cdot K)/W$ beträgt.

4.2.3 Kombi-Dach

Beim kombinierten Umkehrdach (Kombi-Dach) werden auf die Dachabdichtung des konventionellen Daches eine weitere Dämmschicht und Abdeckung aus Kies, Betonplatten o. ä. aufgebracht. Es ist besonders geeignet für nachträgliche Wärmedämmmaßnahmen bei noch intakter Dachabdichtung.

*) vgl. Bundesanzeiger Nr. 223 vom 29.11.1978 Nr. 8, Seite 4

5 Begrünte Dächer

Ein wichtiger Aspekt ist beim heute häufig praktizierten verdichteten Flachbau die Begrünung von Dächern als Ersatz für die bebauten Flächen. Sie ist bei Beachtung der einschlägigen technischen Vorschriften und Regeln sowie beim Einsatz bewährter Baustoffe keine besondere Problemstellung. Das gilt umso mehr, wenn die Erfahrungen von Herstellern, die Dachbegrünungen als System anbieten, genutzt werden.

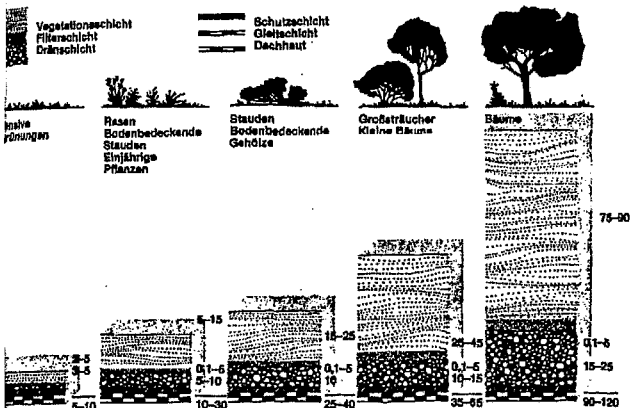


Abb. 11: Schichtdecken der Drainschicht und der Vegetationsschicht bei begrünten Flachdächern

Der Beitrag von über der Dachabdichtung liegenden Schichten begrünter Dächer zum winterlichen Wärmeschutz ist relativ gering, da diese Schichten stets durchfeuchtet sind. Sie entsprechen in etwa einer Schichtdecke von 10 – 15 mm eines Dämmstoffes mit der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_R = 0,040 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$. Nur wenn

es gelingt, durch entsprechende Artenwahl auf der Dachoberfläche ein relativ stabiles Luftpolster zu schaffen, können die Wärmeverluste infolge des größeren Wärmeübergangswiderstandes $1/\alpha_a$ auf der Außenseite verringert werden. Dagegen wird die Beanspruchung der Dachabdichtung infolge Sonneneinstrahlung durch Begrünung wesentlich geringer, da sich die möglichen Temperaturschwankungen im Verlauf eines Jahres von etwa 100 auf etwa 30° C vermindern.

Literaturhinweise

- (1) Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen – Flachdachrichtlinien –, Helmut Gros Fachverlag, Berlin, 1982.
- (2) Bundesanzeiger Nr. 223 vom 29. November 1978, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft, Köln.
- (3) DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“, Ausgabe August 1981, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- (4) Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung) vom 11. August 1977, Bundesgesetzblatt 1978, Teil I, S. 1581 ff.
- (5) Institut für Bauphysik der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart: Wärmetechnische Untersuchungen an Wänden und Flachdachkonstruktionen – Stufe 2: Flachdächer; Forschungsarbeit im Auftrage des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau.
- (6) Schild, E. u. a.: Schwachstellen. Bauschadensverhütung im Wohnungsbau, Band 1: Flachdächer, Dachterrassen, Balkone, Bauverlag Wiesbaden, 1977.
- (7) abc der Bitumen-Bahnen – Technische Regeln –, VDD Industrieverband bituminöse Dach- und Dichtungsbahnen e. V., Frankfurt, 1980.
- (8) Bauen und Energiesparen. Ein Handbuch zur rationellen Energieverwendung im Hochbau. Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1979.
- (9) Heibgen, H.: Neuer baulicher Wärmeschutz. Verlag Vieweg u. Sohn, Braunschweig, 1978.
- (10) Zapke, W.: Praxisinformation Energieeinsparung – Dächer und Decken – DAB 5/82, Seite 599 ff und DAB 6/82, Seite 751 ff